



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number. **2001078211 A**

(43) Date of publication of application: 23.03.01

(51) Int. Cl.

H04N 9/07

(21) Application number: 11254628

(22) Date of filing: 08.08.98

(71) Applicant MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(72) Inventor: TAMURA MASAJI
MATOBA NARIHIRO
SUGIURA HIROAKI
KUNO TETSUYA

**(54) DEVICE AND METHOD FOR COLOR
COMPONENT GENERATION AND
MULTI-COLORED IMAGE PICKUP DEVICE
USING SAME**

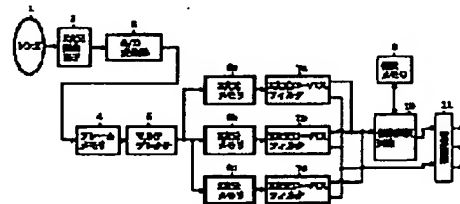
(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a color component signal which has high resolution and small false colors by deciding the value of the difference between the signal level of a known color component and the signal level of a deficient color component with the difference between the low-pass filter values of those two color components and multiplying an amplified value by an interpolation intensity coefficient.

SOLUTION: Two-dimensional memories 6a to 6c store light receiving sensitivity signals of multiple lines by color components R, G, and B. Two-dimensional low-pass filters 7a to 7c output low-pass filter values by pixels. A coefficient memory 9 has a table wherein difference values of the color components are made to correspond to loop control coefficient. A coefficient selecting circuit 10 selects the loop control coefficient corresponding to the difference between the low-pass filter values of a generated color and a photodetection color by generated colors to generate an interpolation intensity coefficient. An operational amplifier circuit 11 generates sensitivity signals of the respective generated colors by using the

interpolation intensity coefficients, low-pass filter values, etc., and puts together and output the generation sensitivity signals and light receiving sensitivity signals as color component signals of respective pixels.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-78211

(P2001-78211A)

(43)公開日 平成13年3月23日(2001.3.23)

(51)Int.Cl.

H04N 9/07

識別記号

F I

H04N 9/07

データベース(参考)

A 5 C 0 6 5

C

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平11-254625

(22)出願日 平成11年9月8日(1999.9.8)

(71)出願人 00006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 田村 正司

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 的場 成浩

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

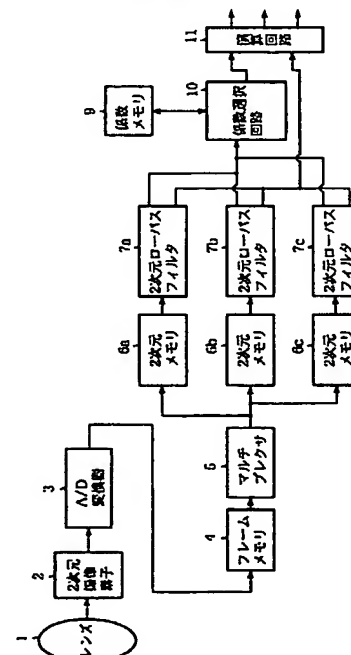
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 色成分生成装置および色成分生成方法並びにこれを用いた多色画像撮像装置

(57)【要約】

【課題】 従来の多色画像撮像装置では、各画素の不足色成分の感度信号レベルを生成する際に、その画素の受光色の感度信号レベルを用いて補正したとしても、高彩度の画像において白抜けや黒ずみなどの画質欠陥が発生してしまう場合があった。

【解決手段】 高彩度の画像においては、上記画素の受光色の感度信号レベルを用いた補正量を制限するようにしたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 各画素の色情報として不足している色成分の信号レベルを生成する色成分生成装置において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の信号レベルに基づいて当該画素のローパスフィルタ値を生成するローパスフィルタ手段と、

当該画素の既知の色成分における当該画素の信号レベルと、当該既知の色成分における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値との比に応じた増幅値を演算する増幅値演算手段と、

上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きければ大きいほど上記増幅値による上記不足色成分のローパスフィルタ値の補正量が小さくなるように当該増幅値と当該ローパスフィルタ値とを乗算する乗算手段と、

当該乗算値を上記不足色成分の信号レベルとして出力する不足色成分出力手段とを備えることを特徴とする色成分生成装置。

【請求項 2】 乗算手段は、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差の大きさをこれら 2 つの色成分のローパスフィルタ値同士の差で判定するとともに、この判定に応じた補間強度係数を増幅値に乗算し、しかも、当該補間強度係数は上記差が大きければ大きいほど当該増幅値の逆数に近い値となり且つ上記差が小さければ小さいほど「1」に近い値となることを特徴とする請求項 1 記載の色成分生成装置。

【請求項 3】 乗算手段は、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差の大きさをこれら 2 つの色成分のローパスフィルタ値同士の差で判定するとともに、この判定に応じた 1 以下の値の重み付け係数を増幅値に乗算し、且つ、当該増幅値に乗算される重み付け係数は上記差が大きければ大きいほど「0」に近い値となることを特徴とする請求項 1 記載の色成分生成装置。

【請求項 4】 乗算手段において重み付け加算される演算項の個数を 2 とするとともに、増幅値が乗算される演算項の重み付け係数と、もう一つの演算項の重み付け係数との和は常に「1」となることを特徴とする請求項 3 記載の色成分生成装置。

【請求項 5】 ローパスフィルタ手段は、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の複数の画素における不足色成分の信号レベルの平均値若しくは重み付け加算平均値、または、上記所定の範囲内の画素の中から信号レベル分布に基づいて選択された複数の画素における不足色成分の信号レベルの平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値として生成することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちのいずれか 1 項記載の色成分生成装置。

【請求項 6】 ローパスフィルタ手段は、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の画素にお

る不足色成分の信号レベルの平均値を演算するとともにその平均値を閾値として当該範囲内の複数の画素の二値化処理を行い、更にこの二値分布に応じて選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値として生成し、

乗算手段は、増幅値が乗算される演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記所定の範囲内の画素の平均値を使用し、もう一つの演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値を使用することを特徴とする請求項 4 記載の色成分生成装置。

【請求項 7】 乗算手段は、当該画素の受光信号レベルが当該受光色における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値よりも小さい場合のみ、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差に応じた補正量制御を実施することを特徴とする請求項 1 記載の多色画像撮像装置。

【請求項 8】 各画素の色情報として不足している色成分の信号レベルを生成する色成分生成方法において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の信号レベルに基づいて当該画素のローパスフィルタ値を生成するローパスフィルタステップと、

当該画素の既知の色成分における当該画素の信号レベルと、当該既知の色成分における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値との比に応じた増幅値を演算する増幅値演算ステップと、

上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きければ大きいほど上記増幅値による上記不足色成分のローパスフィルタ値の補正量が小さくなるように当該増幅値と当該ローパスフィルタ値とを乗算する乗算ステップと、

当該乗算値を上記不足色成分の信号レベルとして出力する不足色成分出力ステップとを備えることを特徴とする色成分生成方法。

【請求項 9】 各画素の色情報として複数の色成分の信号レベルを出力する多色画像撮像装置において、上記画素と 1 対 1 に対応づけられた受光素子毎に上記複数の色成分うちから選択された 1 つの色のフィルタが設けられ、上記画素数分の受光信号レベルを出力する撮像素子と、

上記撮像素子から出力される各画素の受光信号レベルの色を既知の色成分として、各画素の不足している色成分の信号レベルを生成する請求項 1 記載の色成分生成装置と、

上記各画素の色情報として、上記撮像素子から出力される受光信号レベルと、当該色成分生成装置から出力される残りの色成分の信号レベルとを出力する出力手段とを備えることを特徴とする多色画像撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、受光色数よりも少ない数の2次元撮像素子を用いて撮像して当該受光色数分の色成分を有する多色画像データを生じ出力するフルカラー画像撮像装置などの多色画像撮像装置並びにそれに用いられる色成分生成装置および色成分生成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】CCDセンサなどの2次元撮像素子を用いて多色画像データを生じ出力する多色画像撮像装置には、受光色数分の2次元撮像素子を備えて各2次元撮像素子が各色成分の受光感度信号を出力し、この受光色数分の受光感度信号を各画素の色成分信号として出力するものと、受光色数よりも少ない数の2次元撮像素子を備えて少なくともいずれか1つの2次元撮像素子が複数色分の受光感度信号を出力するとともに、各画素の不足している色成分の感度信号を演算処理で補間し、上記受光感度信号とこの生成感度信号とを各画素の色成分信号として出力するものがある。前者の例としては、色の3原色に相当するR（赤）色フィルタ、G（緑）色フィルタ及びB（青）色フィルタを各々貼り付けた3枚の2次元撮像素子を用いるとともに、1回の撮影で光学系から入射される被写体像を分光プリズム等で分光して各原色用撮像素子に入射させることで、1画面分のフルカラー画像信号を得る3板式のフルカラー撮像装置を挙げることができ、また、後者の例としては、各画素位置毎に設けられた光電素子上にR色、G色、あるいはB色用のいずれか1種類のカラーフィルタを貼り付けた1枚の2次元撮像素子を用いるとともに、各画素位置毎に不足する他の2色の色成分の感度信号を演算により算出することで、1画面分のフルカラー画像信号を得る単板式のフルカラー撮像装置を挙げることができる。そして、後者の単板式のフルカラー撮像装置は、多板式のものに比べて2次元撮像素子などの光学部品の点数を抑えることができるため、小型かつ低価格に装置を構成することが可能であり、民生用デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどにおいて主に採用されている。

【0003】次に、このような単板式のフルカラー撮像装置などにおいて、各画素の受光色の感度信号を用いて各画素の不足している色成分（以下、生成色と呼ぶ）の感度信号を生成する一般的な色補間処理方法について説明する。なお、この色補間処理方法は一般的に線形補間法とよばれるものである。図12はこのような単板式2次元撮像素子において一般的に用いられているBayer（バイヤー）型配列による原色フィルタの構成を示す説明図である。図において、1つ1つのマスが各画素（光電素子）の位置を示し、そのマス内に記載された「R（赤）」、「G（緑）」、「B（青）」のそれぞれの記号は当該画素（光電素子）においてサンプリングされる受光色を示すものである。そして、各色成分について着目すると、「G（緑）」は図13に示すような画素

位置において受光感度信号が得られ、「B（青）」は図14に示すような画素位置において受光感度信号が得られ、「R（赤）」は図15に示すような画素位置において受光感度信号が得られることとなり、これらの図において空白となっている画素においてはそれぞれの色成分が不足しているので演算により当該生成色の感度信号（生成感度信号）を生成しなければならない。

【0004】例えば「G（緑）」においては、図13において「G」と記載された画素において受光感度信号が得られているので、縦方向および横方向において隣接する上下左右の4つの画素の受光感度信号の平均値を演算し、これを各空欄となっている画素の生成感度信号とする。なお、同図ではこの感度信号の参照関係を矢印で示し、生成感度信号を「g」として表記している。

【0005】また、「B（青）」においては、図14において「B」と記載された画素において受光感度信号が得られているので、縦方向、横方向あるいは斜め方向において隣接する2つあるいは4つの画素の受光感度信号の平均値を演算し、これを各空欄となっている画素の生成感度信号とする。なお、同図ではこの感度信号の参照関係を矢印で示し、上下の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「b1」、斜め方向の4つの画素を参照した場合の生成感度信号を「b2」、左右の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「b3」として表記している。

【0006】更に、「R（赤）」においては、図15において「R」と記載された画素において受光感度信号が得られているので、縦方向、横方向あるいは斜め方向において隣接する2つあるいは4つの画素の受光感度信号の平均値を演算し、これを各空欄となっている画素の生成感度信号とする。なお、同図ではこの感度信号の参照関係を矢印で示し、上下の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「r1」、斜め方向の4つの画素を参照した場合の生成感度信号を「r2」、左右の2つの画素を参照した場合の生成感度信号を「r3」として表記している。

【0007】しかしながら、上記線形補間法に基づく色補間処理方法では、十分な解像度を得ることができず、信号変化が激しくなる画像のエッジ部分において本来の被写体には存在しない偽色が発生してしまうなどの課題があった。このような偽色が発生してしまうのは、第一に、単板式の2次元撮像素子においては各画素上に1色の色フィルタを配置しているがためにR、G、B各色ともに画素数だけの解像度が得られないことに起因し、第二に、信号変化が激しくなるエッジ部分では本来相関性が低い周辺画素を参照して補間を行ってしまうことに起因し、その結果、各色成分毎にエッジ位置が微妙にずれてしまうためである。

【0008】そして、かかる問題を解決するために、本出願人は特開平5-56446号公報において局所的な

色相関性を用いて高解像度でかつ偽色を良好に抑制した色補間処理方法を開示している。

【0009】図16は、2次元撮像素子にR、G、B3原色からなる色フィルタをBayer型配列で貼付したカラービデオカメラに、当該特開平5-56446号公報に記載した技術を適用した場合の構成を示すブロック図である。同図において、1は被写体からの入射光を集光するレンズ、2はレンズ1を通して入射した光を光電変換する上記2次元撮像素子、3はこの2次元撮像素子2から出力されるアナログの受光感度信号をデジタルの受光感度信号に変換するA/D変換器、4は1画面分の受光感度信号を一時記憶するフレームメモリ、5はフレームメモリ4上の受光感度信号をR、G、B各色成分毎に分配するマルチプレクサ、6a~6cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、生成色を生成する際に参照する画素に応じた複数ライン分の受光感度信号を記憶する2次元メモリ、7a~7cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、各画素毎にローパスフィルタ値を出力する2次元ローパスフィルタ、8は各画素についてその受光色における受光感度信号と上記ローパスフィルタ値との比に基づいてその他の2つの色成分のローパスフィルタ値を補正し、これを上記受光色の受光感度信号とともに生成色の生成感度信号として出力する演算回路である。

【0010】次に動作について説明する。レンズ1から入射した光は2次元撮像素子2に結像する。2次元撮像素子2は入射光を光電変換し入射光量に応じたレベルのアナログの電気信号を各画素の受光感度信号として出力する。このアナログの電気信号はA/D変換器3にてデジタルの電気信号に変換されてフレームメモリ4に蓄積される。フレームメモリ4に蓄積されたこの電気信号

$$r(m, n) = G(m, n) \times R(LPF) / G(LPF) \quad \dots (1)$$

$$b(m, n) = G(m, n) \times B(LPF) / G(LPF) \quad \dots (2)$$

【0014】図23はこの従来の2つの補間方法による生成感度信号の信号レベルを比較説明するための説明図である。同図は説明を簡略化するために一次元方向のみを考慮した場合を示している。図において、横軸は上記一次元方向における各画素の位置、縦軸は信号レベル、●印は実際に撮像素子により撮影された緑色成分の信号レベル、2点鎖線で示す曲線はこの緑色成分の信号変化曲線、○は実際に撮像素子により撮影された赤色成分の信号レベル、実線で示す曲線は上記緑色成分の信号変化曲線と相似して変化する信号変化曲線、二重線上の●印は線形補間法を用いて補間した場合補間されるR色信号の信号レベル、☆印は特開平5-56446号公報の補間によるR色信号の信号レベルである。なお、CCDセンサなどの撮像素子においては上記信号レベルが高くなればなるほどその色成分の色は白色に近い色となり、低ければ低いほど黒色に近い色となり、例えば「RGB=(255, 255, 255)」では白色、「RGB=

は図示しない制御手段によってマルチプレクサ5に順次送信されR、G、Bの複数ライン分の信号がそれぞれ別々に2次元メモリ6a~6cに書き込まれる。各色成分の有意な電気信号が2次元メモリ6a~6cに書き込まれている状態(一部)を図17~図19に示す。これらの図において、1つ1つの四角形は画素を意味し、

「R」「G」「B」と記載されている四角形が受光感度信号が書き込まれている同色の画素である。なお、この配列は上記色フィルタにおける「R」「G」「B」の配列と一致する。

【0011】そして、この2次元メモリ6a~6cの記憶内容に基づいて各画素の各色成分のローパスフィルタ値が各色毎に設けた2次元ローパスフィルタ7a~7cから出力される。各ローパスフィルタ7a~7cは例えば注目画素を中心として所定の範囲内の受光感度信号の平均値を出力すればよい。図20~図22に各2次元ローパスフィルタ7a~7cの出力例を示す。このように全ての色成分の全ての画素についてローパスフィルタ値は出力される。

【0012】次に、演算回路8が各画素の受光色以外の色成分の感度信号を生成する。具体的には例えば、図12のm行n列の画素位置(受光色は緑)の赤色成分r(m, n)あるいは青色成分b(m, n)は下記式

(1)あるいは式(2)に基づいて演算して求める。これらの式において、G(m, n)は当該画素の受光感度信号、G(LPF)は当該画素の緑色成分のローパスフィルタ値、R(LPF)は当該画素の赤色成分のローパスフィルタ値、B(LPF)は当該画素の青色成分のローパスフィルタ値である。

【0013】

(0, 0, 0)では黒色となる。プリンタは逆の色傾向になる。

【0015】そして、同図に示すように、特開平5-56446号公報の補間によるR色信号の信号レベルは、緑色成分の信号変化曲線と相似して変化する信号変化曲線上に乗る。従って、線形補間法を用いて補間した場合の信号レベルに比べて、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少なく、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な特徴に則った赤色成分の信号レベルを生成することができ、画像のエッジを構成する信号レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生ずること無く、エッジを十分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとすることができる。

【0016】なお、上記式(1)あるいは式(2)は下記式(3)のように一般化することができる。同式において、k(m, n)は生成色の感度信号、J(m, n)

は受光感度信号、 K (LPF) は生成色のローパスフィルタ値、 J (LPF) は受光色のローパスフィルタ値、 (m, n) はフレームメモリ上の当該画素の座標位置で

$$k(m, n) = J(m, n) \times K(LPF) / J(LPF) \quad \dots (3)$$

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように局所的な色の相関関係を利用した補間方法であったとしても特有の画質劣化を生じる場合があった。

【0019】図 24 は特開平 5-56446 号公報の補間方法における画質劣化を説明するための説明図である。各表記は図 23 に準じている。そして、同図に示すように、受光色の感度信号レベルが低いレベル範囲において微妙に変化するとともに、生成色のローパスフィルタ値が高くなるような場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高彩度の有彩色となる場合には、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の感度信号レベルが上記ローパスフィルタ値のレベルから大きく外れてしまうこととなり、当該画素にお

$$G(LPF) = (4 + 1 + 4) / 3 = 3 \quad \dots (4)$$

$$R(LPF) = (1023 + 1023) / 2 = 1023 \quad \dots (5)$$

$$r(3) = G(3) \times R(LPF) / G(LPF) = 1 \times 1023 / 3 = 341 \quad \dots (6)$$

【0022】以上のように、特開平 5-56446 号に開示した補間方法は、単板式の 2 次元撮像素子を用いた多色画像撮像装置において一般的には高解像度でかつ偽色の少ない色成分信号を得ることができるものであるが、撮影した絵柄によっては固有の画質劣化を引き起こしてしまうなどの課題があった。

【0023】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、黒ずみや白抜けを生ずることなく、高解像度でかつ偽色の少ない色成分信号を得ることができる多色画像撮像装置ならびにそれに用いられる色成分生成装置および色成分生成方法を得ることを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】この発明に係る色成分生成装置は、各画素の色情報として不足している色成分の信号レベルを生成する色成分生成装置において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の信号レベルに基づいて当該画素のローパスフィルタ値を生成するローパスフィルタ手段と、当該画素の既知の色成分における当該画素の信号レベルと、当該既知の色成分における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値との比に応じた増幅値を演算する増幅値演算手段と、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きければ大きいほど上記増幅値による上記不足色成分のローパスフィルタ値の補正量が小さくなるように当該増幅値と当該ローパスフィルタ値とを乗算する乗算手段と、当該乗算値を上記不足色成分の信号レベルとして出力する不足色成分出力手段とを備えるもの

ある。

【0017】

いて本来画像中にない黒ずみや白抜けが発生してしまうことがある。

【0020】例えば、RGB 各色成分の感度信号が 10 ビット (0~1023 の範囲、0:暗、1023:明) である撮像装置において、一次元の局所的な信号レベルとして $G(1) = 4$ 、 $G(3) = 1$ 、 $G(5) = 4$ 、 $R(2) = R(4) = 1023$ となる画像が撮像された場合、各ローパスフィルタ値を単純平均で算出すると、下記式 (4)~式 (6) の演算により $r(3)$ の感度信号レベルが得られることとなり、これは同色の周辺画素の信号レベルと比べて極端に低い値となってしまう、黒ずみとなってしまふ。

【0021】

である。

【0025】この発明に係る色成分生成装置は、乗算手段が、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差の大きさをこれら 2 つの色成分のローパスフィルタ値同士の差で判定するとともに、この判定に応じた補間強度係数を増幅値に乗算し、しかも、当該補間強度係数は上記差が大きければ大きいほど当該増幅値の逆数に近い値となり且つ上記差が小さければ小さいほど「1」に近い値となるものである。

【0026】この発明に係る色成分生成装置は、乗算手段が、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差の大きさをこれら 2 つの色成分のローパスフィルタ値同士の差で判定するとともに、この判定に応じた 1 以下の値の重み付け係数を増幅値に乗算し、且つ、当該増幅値に乗算される重み付け係数は上記差が大きければ大きいほど「0」に近い値となるものである。

【0027】この発明に係る色成分生成装置は、乗算手段において重み付け加算される演算項の個数を 2 とするとともに、増幅値が乗算される演算項の重み付け係数と、もう一つの演算項の重み付け係数との和は常に「1」となるものである。

【0028】この発明に係る色成分生成装置は、ローパスフィルタ手段が、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の複数の画素における不足色成分の信号レベルの平均値若しくは重み付け加算平均値、または、上記所定の範囲内の画素の中から信号レベル分布に基づいて選択された複数の画素における不足色成分の信

号レベルの平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値として生成するものである。

【0029】この発明に係る色成分生成装置は、ローパスフィルタ手段が、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の画素における不足色成分の信号レベルの平均値を演算するとともにその平均値を閾値として当該範囲内の複数の画素の二値化処理を行い、更にこの二値分布に応じて選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値として生成し、乗算手段が、増幅値が乗算される演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記所定の範囲内の画素の平均値を使用し、もう一つの演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値を使用するものである。

【0030】この発明に係る色成分生成装置は、乗算手段が、当該画素の受光信号レベルが当該受光色における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値よりも小さい場合のみ、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差に応じた補正量制御を実施するものである。

【0031】この発明に係る色成分生成方法は、各画素の色情報として不足している色成分の信号レベルを生成する色成分生成方法において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の信号レベルに基づいて当該画素のローパスフィルタ値を生成するローパスフィルタステップと、当該画素の既知の色成分における当該画素の信号レベルと、当該既知の色成分における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値との比に応じた増幅値を演算する増幅値演算ステップと、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きければ大きいほど上記増幅値による上記不足色成分のローパスフィルタ値の補正量が小さくなるように当該増幅値と当該ローパスフィルタ値とを乗算する乗算ステップと、当該乗算値を上記不足色成分の信号レベルとして出力する不足色成分出力ステップとを備えるものである。

【0032】この発明に係る多色画像撮像装置は、各画素の色情報として複数の色成分の信号レベルを出力する多色画像撮像装置において、上記画素と1対1に対応づけられた受光素子毎に上記複数の色成分のうちから選択された1つの色のフィルタが設けられ、上記画素数分の受光信号レベルを出力する撮像素子と、上記撮像素子から出力される各画素の受光信号レベルの色を既知の色成分として、各画素の不足している色成分の信号レベルを生成する請求項1記載の色成分生成装置と、上記各画素の色情報として、上記撮像素子から出力される受光信号レベルと、当該色成分生成装置から出力される残りの色成分の信号レベルとを出力する出力手段とを備えるものである。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。図において、1は被写体からの入射光を集光するレンズ（撮像素子）、2はR、G、Bの3原色の色フィルタがBayer型に配列され、レンズ1を通して入射した光を光電変換する上記2次元撮像素子（撮像素子）、3はこの2次元撮像素子2から出力されるアナログの受光感度信号をデジタル10ビットの受光感度信号に変換するA/D変換器（撮像素子）、4は1画面分の受光感度信号を一時記憶するフレームメモリ、5はフレームメモリ4上の受光感度信号をR、G、B各色成分毎に分配するマルチプレクサ、6a~6cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、生成色を生成する際に参照する画素に応じた複数ライン分の受光感度信号を記憶する2次元メモリ、7a~7cはそれぞれR、G、B各色成分毎に設けられ、各画素毎にローパスフィルタ値を出力する2次元ローパスフィルタ（ローパスフィルタ手段）である。

【0034】また、9は色成分の差異値Diff(i)とそれに対応するループ制御変数iとを対応づけたテーブルを保持する係数メモリ（乗算手段）、10は各生成色についてその生成色のローパスフィルタ値K(LPF)と受光色のローパスフィルタ値J(LPF)との値の差（差異値Diff(i)）に応じたループ制御変数iを選択するとともに、このループ制御変数iを用いて補間強度係数Cdを生成する係数選択回路（乗算手段）、11はこの補間強度係数Cdと上記ローパスフィルタ値などを用いて各生成色の感度信号k(m, n)を生成し、更にこの生成感度信号k(m, n)と受光感度信号J

(m, n)とを合わせて各画素のRGB各10ビットの色成分信号として出力する演算回路（増幅値演算手段、乗算手段、不足色生々出力手段、出力手段）である。

【0035】次に動作について説明する。レンズ1から入射した光は2次元撮像素子2に結像する。2次元撮像素子2は入射光を光電変換し入射光量に応じたレベルのアナログの電気信号を各画素の受光感度信号として出力する。このアナログの電気信号はA/D変換器3にてデジタルの電気信号に変換されてフレームメモリ4に蓄積される。フレームメモリ4に蓄積されたこの電気信号は図示しない制御手段によってマルチプレクサ5に順次送信されR、G、Bの複数ライン分の信号がそれぞれ別々に2次元メモリ6a~6cに書き込まれる。そして、この2次元メモリ6a~6cの記憶内容に基づいて各画素の各色成分のローパスフィルタ値が各色毎に設けた2次元ローパスフィルタ7a~7cから出力される。各ローパスフィルタ値としては例えば注目画素を中心としてその周囲の所定の範囲内の受光感度信号の平均値(A

V)がある。

【0036】このようにRGBの各色成分のローパスフィルタ値が出力されると、これに基づいて係数選択回路10においてループ制御変数*i*の選択処理が実施され、演算回路11においてこの選択されたループ制御変数*i*を用いて各生成色の生成感度信号*k* (*m*, *n*)が生成される。具体的には、生成色のローパスフィルタ値*K* (LPF)と受光色のローパスフィルタ値*J* (LPF)とを比較し、それらの差分値の大きさが大きいほど大きな値のループ制御変数*i*が選択され、このループ制御変数*i*

$$k(m, n) = J(m, n) \times \{K(LPF) / J(LPF)\} \times C_d$$

... (7)

【0038】図2は係数選択回路10において実行される補間強度係数生成処理を示すフローチャートである。なお、この処理は各生成色毎に実施されるものである。同図において、ST1は受光感度信号*J* (*m*, *n*)が受光色のローパスフィルタ値*J* (LPF)以下であるか否かを判断する凹凸判断ステップ、ST2は当該判断において正しいと判断された場合に実行されるステップであって、予め決められた補間強度の段階数*Dnum*などを

10 用いて補間強度のステップ幅*D* ($= (J(LPF) / J(m, n) - 1) / Dnum$)を演算するステップ幅演算ステップ、ST3はループ制御変数*i*に初期値「0」を代入する初期化ステップ、ST4は生成色のローパスフィルタ値*K* (LPF)と受光色のローパスフィルタ値*J* (LPF)との差の大きさがループ変数*i*に基づいて係数テーブルから選択された差分値*Dif* (*i*)以下であるか否かを判断することによって、注目画素における色味及び彩度の算出を行う差分量判断ステップ、ST5はこの差分量判断ステップST4において否と判断され

20 た場合に実行されるステップであって、ループ制御変数*i*に「1」を加算するループ制御変数更新ステップ、ST6はこのループ制御変数*i*に基づいて補間強度の分割数*Dnum*分のループ処理が行われたか否かを判断するループ終了ステップであり、このループ終了ステップST6において正しいあるいは上記差分量判断ステップST4で正しいと判断された場合にループ処理を終了する。そして、そのループ処理を終了した時点のループ制御変数*i*を用いて補間強度係数*Cd* ($= 1 + D \times (i + 1)$)が演算される(補間強度係数演算ステップ、ST

30 7)。

【0039】また、ST8は凹凸判断ステップST1において正しくないと判断された場合に実行されるステップであって、補間強度のステップ幅*D* ($= (1 - J(LPF) / J(m, n)) / Dnum$)を演算するステップ幅演算ステップ、ST9はループ制御変数*i*に初期値「0」を代入する初期化ステップ、ST10は生成色のローパスフィルタ値*K* (LPF)と受光色のローパスフィルタ値*J* (LPF)との差の大きさがループ変数*i*に基づいて係数テーブルから選択された差分値*Dif*

を用いて補間強度係数*Cd*が生成され、この補間強度係数*Cd*などを用いて各生成感度信号*k* (*m*, *n*)が生成される。下記式(7)は補間強度係数*Cd*などを用いて生成感度信号*k* (*m*, *n*)を演算するための式である。同式において、*k* (*m*, *n*)は生成感度信号、*J* (*m*, *n*)は受光感度信号、*K* (LPF)は生成色のローパスフィルタ値、*J* (LPF)は受光色のローパスフィルタ値、*Cd*は補間強度係数である。

【0037】

(i)以下であるか否かを判断する差分量判断ステップ、ST11はこの差分量判断ステップST10において否と判断された場合に実行されるステップであって、ループ制御変数*i*に「1」を加算するループ制御変数更新ステップ、ST12はこのループ制御変数*i*に基づいて補間強度の分割数*Dnum*分のループ処理が行われたか否かを判断するループ終了ステップであり、このループ終了ステップST12において正しいあるいは上記差分量判断ステップST10で正しいと判断された場合にループ処理を終了する。そして、そのループ処理を終了した時点のループ制御変数*i*を用いて補間強度係数*Cd* ($= 1 - D \times (i + 1)$)が演算される(補間強度演算ステップ、ST13)。

【0040】ところで、上記式(7)は下記式(8)のように変形することができ、しかも、上記補間強度係数*Cd*は「*i*=*Dnum*-1」のときに「*J* (LPF) / *J* (*m*, *n*)」、「*i*=0」のときに「 $1 + (J(LPF) / J(m, n) - 1) / Dnum$ 」あるいは「 $1 - (1 - J(LPF) / J(m, n)) / Dnum$ 」となるので、生成色のローパスフィルタ値*K* (LPF)と受光色のローパスフィルタ値*J* (LPF)との差分値が大きければ大きいほど(つまり*D*が大きければ大きいほど)下記式(8)は「*K* (LPF)」に近い値をとり、逆に、当該差分値が小さければ小さいほど(つまり*D*が小さければ小さいほど)下記式(8)は「*K* (LPF) × *J* (*m*, *n*) / *J* (LPF)」に近い値をとることになる。別な言い方をすれば、補間強度係数*Cd*が取りうる範囲は「1」と「*J* (LPF) / *J* (*m*, *n*)」との間の値である。特に、*Cd*=1の場合には注目画素周辺が低彩度の場合であり式(8)は式(3)と同等となり、*Cd*=*J* (LPF) / *J* (*m*, *n*)の場合には注目画素周辺が高彩度の場合であり「*k* (*m*, *n*)=*K* (LPF)」となるため線形補間法と同等になる。図3はこのような各種のパラメータの相関関係を示す説明図である。同図(a)は*J* (*m*, *n*) ≤ *J* (LPF)の場合、同図(b)は*J* (*m*, *n*) ≥ *J* (LPF)の場合である。

【0041】

$$k(m, n) = K(LPF) \times \{J(m, n) / J(LPF) \times Cd\} \quad \dots (8)$$

【0042】なお、図4はこのような補間強度係数Cdの演算処理において参照される係数メモリ9の内容の一例を示した模式図である。図において、左列はローパス制御変数i、右列は差分値Diff(i)であり、上記フローでは同図の上側から順番に参照されることになる。

【0043】ここで、具体例を示す。従来例で示した局所的な10ビットの信号レベルとしてG(1)=4、G(3)=1、G(5)=4、R(2)=R(4)=10 23であり、かつ各ローパスフィルタ7a~7cは単純平均で算出するものと仮定し、図2及び式(8)に従って注目画素におけるR信号値r(3)を算出した場合、以下の式(9)~式(16)の演算を行うことになる。

$$\begin{aligned} G(LPF) &= (4+1+4) / 3 = 3 & \dots (9) \\ R(LPF) &= (1023+1023) / 2 = 1023 & \dots (10) \\ Dnum &= 5 & \dots (11) \\ D &= (G(LPF) / G(3) - 1) / Dnum \\ &= (3 / 1 - 1) / 5 = 0.4 & \dots (12) \\ i &= Dnum - 1 = 4 & \dots (13) \\ Diff[i] &= 1000 & \dots (14) \\ Cd &= 1 + 0.4 \times (4 + 1) = 3 & \dots (15) \\ r(3) &= R(LPF) \times \{ (G(3) / G(LPF)) \times Cd \} \\ &= 1 \times \{ (1023 / 3) \times 3 \} = 1023 & \dots (16) \end{aligned}$$

【0045】なお、この実施の形態1では、図2のフローチャートにおいて補間強度差分値Dを演算により算出していたが、Dnumを撮像系に対して固定値として設定することで、受光感度信号J(m, n)やローパスフィルタ値J(LPF)をインデックスとして当該補間強度差分値Dを選択する2次元LUT(Look Up Table)を予め係数メモリ9などに格納させることができる。この場合、実際に補間強度差分値Dを求める際にはメモリ参照処理のみで足りるので、処理を高速化することができる。また、補間強度差分値D及び彩度判定値(i)をインデックスとして補間強度係数Cdを選択する2次元LUT(Look Up Table)を予め係数メモリ9などに格納させることで更に処理を高速化することができる。

【0046】また、この実施の形態1では、生成色のローパスフィルタ値K(LPF)と受光色のローパスフィルタ値J(LPF)との差分値に基づいて簡易的に彩度及び色味を判定しているが、入力されるRGB3原色のローパスフィルタ値をHVC(Hue Value Chroma)あるいはHSL(Hue Saturation Lightness)等の色相、彩度、明度を3原色とした色空間に変換し、これに基づいて厳密に彩度及び明度値を判定するようにしてもよい。この場合、彩度が高い場合でも明度値が大きければ該当領域は白色に近い色合いとなり、逆に明度値が小さい場合には該当領域は黒色に近い色合いとなって、補間強度係数は大き

そして、生成感度信号r(3)は同色の周辺画素信号レベルと同等の値になるため、高彩度かつ有彩色の領域で極端に黒ずみや白抜け等の画質劣化を発生することはない。特に、デジタルスチルカメラ等の多色画像撮像装置で撮影した画像はコンピュータグラフィックスで作成した画像とは異なり、画像中のエッジ近傍は低彩度の影(明暗)になる場合が多いが、この実施の形態1のように補間処理をすることによって、解像度に寄与するエッジ近傍は従来法の特長を十分に発揮しながら、高彩度のベタ面については黒ずみ等の画質劣化を排除した高画質のフルカラー画像を得ることが可能になる。

【0044】

くても画質上問題が生じてしまうことはないので、中間明度における彩度値を補間係数に反映させて黒ずみ等を除去することができる。

【0047】以上のように、この実施の形態1によれば、各画素の色情報として不足している色成分の感度値を生成する色成分生成装置において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の感度値に基づいて当該画素のローパスフィルタ値K(LPF)を生成する2次元ローパスフィルタ7a~7cと、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色成分の感度信号レベルとのレベル差に応じた補間強度係数Cdを出力する係数選択回路10と、当該画素の既知の色成分における当該画素の感度値J(m, n)と当該既知の色成分における周囲の画素の感度値のローパスフィルタ値J(LPF)との比に応じた増幅値{J(m, n) / J(LPF)}を演算するとともに、上記補間強度係数Cdとこの増幅値を上記ローパスフィルタ値K(LPF)に乗算して出力する演算回路11とを備えるので、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色成分の感度信号レベルとのレベル差が小さい場合には、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少ない、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な特徴に則った補正をおこなって、線形補間法を用いて補間した場合に比べて、画像のエッジを構成する信号レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生じないようにすることができる。従って、エッジを十

分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとするができる効果がある。

【0048】これと同時に、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色成分の感度信号レベルとのレベル差が大きい場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高彩度の有彩色となる場合には、既知の色成分の感度信号レベルと不足色成分の感度信号レベルとのレベル差に応じた補正量制御を実施するので、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の感度値 $k(m, n)$ が上記ローパスフィルタ値 $K(LPF)$ のレベルから大きく外れてしまうことはなく、当該画素において本来画像中にない黒ずみや白抜けが発生してしまうことを効果的に抑制することができる効果がある。

【0049】つまり、画像中の高彩度の領域では相似比による色補間の影響を低減し黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であると同時に、低彩度の領域では相似比による色補間結果を優先することで高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。従って、画像の種類によらず安定感のある多色画像を撮像することができる効果がある。

【0050】以上のように、この実施の形態1によれば、係数選択回路10が、既知の色成分の感度信号レベルと不足色成分の感度信号レベルとのレベル差の大きさをこれら2つの色成分のローパスフィルタ値同士 $(K(LPF) - J(LPF))$ の差で判定するとともに、演算回路11がこの判定に応じた補間強度係数 Cd を増幅値に乗算し、しかも、当該補間強度係数 Cd は上記差が大きければ大きいほど当該増幅値の逆数 $\{J(LPF) / J(m, n)\}$ に近い値となり且つ上記差が小さければ小さいほど「1」に近い値となるので、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色成分の感度信号レベルとのレベル差が小さい場合には上記差も小さくなって、補正值そのままに生成色の感度値 $k(m, n)$ を補正することができ、しかも、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色成分の感度信号レベルとのレベル差が大きい場合には上記差も大きくなって、当該補正值による補正量を制限することができる。従って、黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0051】なお、この実施の形態1では上記2次元ローパスフィルタ $7a \sim 7c$ は、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の複数の画素における不足色成分の感度値の重み付け加算平均値 $K(LPF)$ をローパスフィルタ値として生成しているが、ほかに、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の複数の画素における不足色成分の感度値の平均値 $K(AV)$ などをローパスフィルタ値として生成しても同様の効果がある。

【0052】実施の形態2. 図5はこの発明の実施の形

態2の係数演算回路において実施される補間強度係数生成処理を示すフローチャートである。図において、ST14は凹凸判断ステップST1において正しくないと判断された場合に実行されるステップであって、補間強度係数 Cd として「1」を出力する補間強度演算ステップである。これ以外の構成および動作は実施の形態1と同様であり説明を省略する。

【0053】そして、このように受光色が微妙に凸状の変化を有している場合には、それを用いた生成色の感度信号もその相似比に応じた変化が生じてしまうが、デジタルスチルカメラなどの多色画像撮像装置では、その周囲の画素における当該生成色と同色の色成分の感度信号は既に十分に高いレベルにあるためその色の差異が視認され難くなり、結果的に白抜けなどの画質劣化にはなりにくく、この実施の形態2のように簡略化した処理にて高速化を図ったとしても、黒ずみや白抜けなどの画質劣化が顕著に発生してしまうことはない。

【0054】以上のように、この実施の形態2によれば、演算回路11が、当該画素の受光感度値 $J(m, n)$ が当該受光色における周囲の画素の感度値のローパスフィルタ値 $J(LPF)$ よりも小さい場合のみ、既知の色成分の感度信号レベルと不足色成分の感度信号レベルとのレベル差に応じた補正量制御を実施するので、当該画素の受光感度値 $J(m, n)$ が当該受光色における周囲の画素の感度値のローパスフィルタ値 $J(LPF)$ よりも大きい場合の演算処理を簡略化することができる。そして、このように画素の受光感度値 $J(m, n)$ が当該受光色における周囲の画素の感度値のローパスフィルタ値 $J(LPF)$ よりも大きい場合の演算処理を省略して、ローパスフィルタ値 $K(LPF)$ に「 $J(m, n) / J(LPF)$ 」を乗算した値をそのまま感度値 $k(m, n)$ として出力したとしても、その周囲を含めて全体の感度が高いため、これに基づいて生成された表示画像などにおいては再生装置の再生能力の限界値で制限されることとなり、画質欠陥として認識されにくい効果がある。

【0055】実施の形態3. 図6はこの発明の実施の形態3によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。図において、16はFIFO(First In First Out)メモリ等で構成され、フレームメモリ4上の1画面分の受光感度データのうち複数ライン分の受光感度データを保持するラインバッファ(ローパスフィルタ手段)、17はラインバッファ16に保持される複数ライン分の受光感度データからパターンマッチング法により線分ベクトルの検出を行い、この線分ベクトルに基づいて複数の画素を選択し、更に、この選択された複数の画素の感度に基づいて各画素の各色成分のローパスフィルタ値を出力するパターンマッチング手段(ローパスフィルタ手段)、18はこのパターンマッチング手段17に

おけるパターンマッチング処理の際に参照する複数の感度分布パターンとそれに応じた参照画素とを対応づけて記憶するパターンメモリ（ローパスフィルタ手段）である。なお、上記感度分布パターンは線分ベクトルのパターンに基づいて設定されている。

【0056】また、19は生成色の平均値K(AV)と受光色の平均値J(AV)との差異度に応じたループ制御変数iを演算する係数選択回路（乗算手段）、20はこのループ制御変数iなどを利用して各画素の各色成分の感度信号を生成する演算回路（増幅値演算手段、乗算手段、不足色生々出力手段、出力手段）である。これ以外の構成は実施の形態1と同様であり説明を省略する。

【0057】次に動作について説明する。フレームメモリ4に撮影後のデジタルの受光感度信号が記憶されると、図示しないメモリコントローラが常に7ライン分のデータがラインバッファ16に保持されるようにデータを出力する。パターンマッチング手段17は、画素入力クロックに同期して、色補間しようとする注目画素を中心とした7×7画素からなる参照ウィンドウをこのラインバッファ16から抽出し、これとパターンメモリ18に記憶された線分ベクトルのパターンとを比較し、各画素の各色成分のパターンマッチングに基づくローパスフィルタ値を出力する。

【0058】図7はこのようなパターンマッチングに基づくローパスフィルタ値を出力する際に、パターンマッチング手段17で使用される参照ウィンドウの一例を示す説明図である。図において、各マスは画素に対応し、網掛けされたマスは当該不足色成分の受光感度信号が得られている画素を示している。また、この中心に位置するマスが注目画素であり、パターンマッチング手段17は当該画素の各色成分のローパスフィルタ値を生成して出力する。更に、同図においてこの注目画素から周囲にのびている各矢印はそれぞれ同図に示すような受光色の分布パターンにおいて検出可能な上記線分ベクトルである。そして、この実施の形態3においてはこのような受光色の分布パターンとなるのは緑色成分である。

【0059】次に線分ベクトルの検出方法について説明する。まず、下記式(17)を用いて参照ウィンドウ内の各色成分毎の受光感度の平均値K(AV)を求める。

$$k(m, n) = K(AV) \times \frac{J(m, n)}{J(AV)} \times \left(1 - \frac{i+1}{Dnum}\right) + K(PAT) \times \frac{i+1}{Dnum} \quad \dots (18)$$

【0065】図10はこの実施の形態3の係数選択回路19の動作を示すフローチャートである。図において、ST15はループ制御変数iに初期値「0」を代入する初期化ステップ、ST16は生成色の平均値K(AV)と受光色の平均値J(AV)との差の大きさがループ変数iに基づいて係数テーブルから選択された差分値Df(i)以下であるか否かを判断することによって、注

同式では、当該参照ウィンドウ内の当該色成分の受光画素数をnとしている。

【0060】

【数1】

$$K(AV) = \sum_{k=1}^n K(i, j) / n \quad \dots (17)$$

【0061】次に、この平均値K(AV)を閾値として当該n個の画素の受光感度を「0」「1」に分類し（二値化処理し）、これをパターンメモリ18内に記憶された各分布パターンと比較し、一致する分布パターンに対応づけられた画素の受光感度に基づいて注目画素の当該色成分のローパスフィルタ値K(PAT)を生成する。例えば、図8に示すような二値分布パターンとなった場合には同図に示す位置にエッジ（線分ベクトル）が存在すると考えられるので、注目画素を含む側の近隣画素（細かいハッチング側の画素）の感度信号を用いて、例えば線分ベクトルの稜線方向に存在する複数の画素の感度信号を重み付け加重平均して上記ローパスフィルタ値K(PAT)を生成する。

【0062】なお、注目画素における他の色成分においても同様の方法でパターンマッチングに基づくローパスフィルタ値を生成することができる。この場合、2次元撮像素子におけるフィルタの色分布が緑色成分と異なるため、受光分布パターンも緑色成分とは異なるものとなる。図9に、この実施の形態3における参照ウィンドウ内における赤色成分の4つの受光分布パターンおよび青色成分の4つの受光分布パターンを示す。

【0063】そして、係数選択回路19はこの各色成分の平均値K(AV)、J(AV)を用いてループ制御変数iを選択し、演算回路20はパターンマッチングに基づくローパスフィルタ値K(PAT)などを用いて下記式(18)にて各生成色の生成感度信号k(m, n)を生成して出力する。同式において、K(AV)は上記参照ウィンドウにおける平均値、K(PAT)はパターンマッチングに基づくローパスフィルタ値である。

【0064】

【数2】

目画素における色味及び彩度の算出を行う差分量判断ステップ、ST17はこの差分量判断ステップST16において否と判断された場合に実行されるステップであって、ループ制御変数iに「1」を加算するループ制御変数更新ステップ、ST18はこのループ制御変数iに基づいて補間強度の分割数Dnum分のループ処理が行われたか否かを判断するループ終了ステップであり、この

ループ終了ステップ S T 18 において正しいあるいは上記差分判断ステップ S T 16 で正しいと判断された場合にループ処理を終了する。そして、演算回路 20 はこのループ処理を終了した時点のループ制御変数 i を上記式 (18) に代入して重み付け演算を実施する。

【0066】そして、このような演算処理であっても、実施の形態 1 と同様に、画像中の高彩度の領域では相似比による色補間の影響を低減し黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能である。また、低彩度の領域では相似比による色補間結果を優先することによって高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる。

【0067】また、パターンマッチング手段 17 においてパターンマッチング処理のために算出したウィンドウ内平均値 $K(AV)$ を後段においても利用するようにしているので、実施の形態 1 で使用した色補間専用の 2 次元メモリ 6 a ~ 6 c や 2 次元ローパスフィルタ回路 7 a ~ 7 c が不要となり、回路規模を抑制しながら実施の形態 1 よりも更に画像の高画質化を図ることができる。

【0068】なお、この実施の形態 3 においては、パターンメモリ 18 を設けてパターンマッチング手段 17 からパターンを参照していたが、予め参照パターンを論理回路として構成しておきその論理演算結果 (AND または OR) に基づいて 2 値信号群のマッチング判定を行うようにしてもよい。この場合、装置を構成するメモリ量を低減することができるので低コスト化を図ることができる。

【0069】また、この実施の形態 3 では、RGB 全てのパターンマッチングを行い各色毎に線分方向検出を行っていたがこの限りでなく、例えばサンプリング周波数が比較的高く解像度信号を多く含んでいる G 信号に対してのみ線分方向検出を行い、G 信号の線分ベクトルをその他の色成分の線分ベクトルとして代用してもよい。

【0070】以上のように、この実施の形態 3 によれば、係数選択回路 19 が、既知の色成分の感度信号レベルと不足色成分の感度信号レベルとのレベル差の大きさをこれら 2 つの色成分のローパスフィルタ値同士の差

$(K(AV) - J(AV))$ で判定するとともに、演算回路 20 がこの判定に応じた 1 以下の値の重み付け係数 $(1 - (i + 1) / Dnum)$ を増幅値 $(J(m, n) / J(AV))$ に乗算し、且つ、当該増幅値に乗算される重み付け係数は上記差が大きければ大きいほど「0」に近い値となるので、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色成分の感度信号レベルとのレベル差が小さい場合には上記差も小さくなって、補正値そのままに生成色の感度値 $k(m, n)$ を補正することができ、しかも、上記既知の色成分の感度信号レベルと上記不足色

成分の感度信号レベルとのレベル差が大きい場合には上記差も大きくなって、当該補正値による補正量を制限することができる。従って、黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0071】この実施の形態 3 によれば、式 (18) に示すように演算回路 20 において重み付け加算される演算項の個数を 2 とするとともに、増幅値が乗算される演算項 (式 (18) の右辺第 1 項) の重み付け係数と、もう一つの演算項 (式 (18) の右辺第 2 項) の重み付け係数との和は常に「1」となるので、不足色の感度値として、不足色のローパスフィルタ値 $K(PAT)$ と、それに補正値を乗算した値 $(K(AV) \times J(m, n) / J(AV))$ との間の値を得ることができる効果がある。

【0072】この実施の形態 3 によれば、パターンマッチング手段 17 が、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の画素における不足色成分の感度値の平均値 $K(AV)$ を演算するとともにその平均値 $K(AV)$ を閾値として当該範囲内の複数の画素の二値化処理を行い、更にこの二値分布に応じて選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値 $K(PAT)$ として生成し、演算回路 20 が、増幅値が乗算される演算項 (式 (18) の第 1 項) における不足色成分のローパスフィルタ値として上記所定の範囲内の画素の平均値 $K(AV)$ を使用し、もう一つの演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値 $K(PAT)$ を使用するので、画像中のエッジ位置においては相関の高い画素のみに基づいてローパスフィルタ値を生成して更に偽色の発生を抑制しつつ、画像中の高彩度の領域では黒ずみ等の画質劣化を抑制することができる効果がある。

【0073】実施の形態 4. この実施の形態 4 に係るフルカラー画像撮像装置は、演算回路 11 が下記式 19 に基づいて各生成感度信号 $k(m, n)$ を生成するとともに、係数選択回路 10 が図 11 に示すフローチャートを実施する以外は実施の形態 1 と同様の構成および動作である。なお、式 (19) の右辺第 1 項は受光色の相似比を元に色補間を行うアルゴリズムに基づく演算項であり、第 2 項は線形補間アルゴリズムに基づく演算項であり、同式はこれら 2 種類のアルゴリズムを、彩度に対応づけられたループ制御変数 i に基づいて重み付け加算するものである。

【0074】

【数 3】

$$k(m, n) = K(LPF) \times \frac{J(m, n)}{J(LPF)} \times \left(1 - \frac{i+1}{Dnum}\right) + K(LPF) \times \frac{i+1}{Dnum} \dots (19)$$

【0075】また、図11において、ST19はループ制御変数*i*に初期値「0」を代入する初期化ステップ、ST20は生成色のローパスフィルタ値*K*(LPF)と受光色のローパスフィルタ値*J*(LPF)との差の大きさがループ変数*i*に基づいて係数テーブルから選択された差分値*Dif*(*i*)以下であるか否かを判断することによって、注目画素における色味及び彩度の算出を行う差分量判断ステップ、ST21はこの差分量判断ステップST20において否と判断された場合に実行されるステップであって、ループ制御変数*i*に「1」を加算するループ制御変数更新ステップ、ST22はこのループ制御変数*i*に基づいて補間強度の分割数*Dnum*分のループ処理が行われたか否かを判断するループ終了ステップであり、このループ終了ステップST22において正しいあるいは上記差分量判断ステップST20で正しいと判断された場合にループ処理を終了する。そして、演算回路11はこのループ処理を終了した時点のループ制御変数*i*を上記式(19)に代入して重み付け演算を実施する。

【0076】そして、このような構成であれば実施の形態1と同様に、黒ずみ等の発生しない高画質な色補間を実現することができる。

【0077】また、係数選択回路10における演算を簡易化することによりメモリアクセスを伴う低速の係数選択処理を高速化することが可能になり、フレームメモリ4の出力から演算回路11の演算出力までの各段階における処理時間をより均一な状態に近付ける事が可能となるので、これらの間におけるタイミング調整用のラッチなどの付加回路を削減することができ、しかも、画素クロックに同期したパイプライン処理が実現可能になる。

【0078】なお、この実施の形態3及び実施の形態4においては、演算回路11において色の相似比から算出するアルゴリズムに基づく演算項と周辺画素の平均値としての線形補間アルゴリズムに基づく演算項とを、注目画素近傍の感度信号レベルに応じて重み付け加算演算しているが、上記式(18)あるいは式(19)においてループ制御変数*i*に基づいた加算演算の種類は高々有限個の組合せであるので、予め全組合せについての演算結果を係数メモリ9などに記憶させておき、*i*及び*Dnum*をインデックスとして選択するようにしてもよい。これにより、回路規模の縮小効果や演算速度の向上効果を期待することができる。

【0079】また、以上の実施の形態においては、撮像後の画像処理として色補間処理用のブロックのみを説明したものとなっているが、オートホワイトバランス処理(白色補正)、 γ 補正処理(階調特性の補正)、フィル

タ処理(輪郭強調やノイズ除去)、JPEG圧縮処理(画像データ圧縮保存)などの処理と組合せても同様の効果が得られることは言うまでもない。更に、LCDインタフェース(画像表示確認用液晶インタフェース)、フラッシュメモリインタフェース(撮影画像保存媒体インタフェース)等の入出力インタフェースが付加された装置であっても同等の効果が得られることも言うまでもない。

【0080】そして、以上の全ての実施の形態では、多色画像撮像装置の内部で色補間処理を実行可能な構成例を示したがこの限りでなく、パーソナルコンピュータやカラープリンタ等、撮像装置に直接あるいは記憶媒体を間接的に経由して接続可能で単板式センサを使用して入力した画像を扱ういずれの機器上で構成してもよい。また、2次元撮像素子2としてRGBの色フィルタがBayer型に配列された場合を例として示したがこの限りでなく、原色系あるいは補色系の複数の色フィルタが配置され色補間処理を行うことによりフルカラー画像を得るように構成される撮像素子から入力される画像であれば同等の効果を達成することができる。更に、2次元撮像素子2において光電変換された画像データをA/D変換回路3でデジタル化した後一旦フレームメモリ4に1画面分保持する構成を示したがこの限りでなく、撮影時のデータストリームに同期して画素あるいは複数ライン毎に色補間を含む画像処理を実施するように構成することも可能である。

【0081】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、各画素の色情報として不足している色成分の信号レベルを生成する色成分生成装置において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の信号レベルに基づいて当該画素のローパスフィルタ値を生成するローパスフィルタ手段と、当該画素の既知の色成分における当該画素の信号レベルと、当該既知の色成分における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値との比に応じた増幅値を演算する増幅値演算手段と、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きければ大きいほど上記増幅値による上記不足色成分のローパスフィルタ値の補正量が小さくなるように当該増幅値と当該ローパスフィルタ値とを乗算する乗算手段と、当該乗算値を上記不足色成分の信号レベルとして出力する不足色成分出力手段とを備えるので、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が小さい場合には、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少ない、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の

一般的な特徴に則った補正をおこなって、線形補間法を用いて補間した場合に比べて、画像のエッジを構成する信号レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生じないようにすることができる。従って、エッジを十分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとすることができる効果がある。

【0082】これと同時に、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きい場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高信号レベルの有彩色となる場合には、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差に応じた補正量制御を実施するので、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の信号レベルが上記ローパスフィルタ値のレベルから大きく外れてしまうことはなく、当該画素において本来画像中

にない黒ずみや白抜けが発生してしまうことを効果的に抑制することができる効果がある。

【0083】つまり、画像中の高信号レベルの領域では相似比による色補間の影響を低減し黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であると同時に、低信号レベルの領域では相似比による色補間結果を優先することで高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0084】この発明によれば、乗算手段が、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差の大きさをこれら2つの色成分のローパスフィルタ値同士の差で判定するとともに、この判定に応じた補間強度係数を増幅値に乗算し、しかも、当該補間強度係数は上記差が大きければ大きいほど当該増幅値の逆数に近い値となり且つ上記差が小さければ小さいほど「1」に近い値となるので、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が小さい場合には上記差も小さくなって、補正値そのままに生成色の信号レベルを補正することができ、しかも、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きい場合には上記差も大きくなって、当該補正値による補正量を制限することができる。従って、黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0085】この発明によれば、乗算手段が、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差の大きさをこれら2つの色成分のローパスフィルタ値同士の差で判定するとともに、この判定に応じた1以下の値の重み付け係数を増幅値に乗算し、且つ、当該増幅値に乗算される重み付け係数は上記差が大きければ大きいほど「0」に近い値となるので、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が小さい場合には上記差も小さくなって、補正値そのままに生成色の信号レベルを補正することができ、しかも、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足

色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きい場合には上記差も大きくなって、当該補正値による補正量を制限することができる。従って、黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0086】この発明によれば、乗算手段において重み付け加算される演算項の個数を2とするとともに、増幅値が乗算される演算項の重み付け係数と、もう一つの演算項の重み付け係数との和は常に「1」となるので、不足色の信号レベルとして、不足色のローパスフィルタ値と、それに補正値を乗算した値との間の値を得ることができる効果がある。

【0087】なお、このような発明において上記ローパスフィルタ手段は、例えば、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の複数の画素における不足色成分の信号レベルの平均値若しくは重み付け加算平均値、または、上記所定の範囲内の画素の中から信号レベル分布に基づいて選択された複数の画素における不足色成分の信号レベルの平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値として生成すればよい。

【0088】この発明によれば、ローパスフィルタ手段が、不足色成分の生成に係る画素を中心とする所定の範囲内の画素における不足色成分の信号レベルの平均値を演算するとともにその平均値を閾値として当該範囲内の複数の画素の二値化処理を行い、更にこの二値分布に応じて選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値をローパスフィルタ値として生成し、乗算手段が、増幅値が乗算される演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記所定の範囲内の画素の平均値を使用し、もう一つの演算項における不足色成分のローパスフィルタ値として上記選択された複数の画素の平均値若しくは重み付け加算平均値を使用するので、画像中のエッジ位置においては相関の高い画素のみに基づいてローパスフィルタ値を生成して更に偽色の発生を抑制しつつ、画像中の高信号レベルの領域では黒ずみ等の画質劣化を抑制することができる効果がある。

【0089】この発明によれば、乗算手段が、当該画素の受光信号レベルが当該受光色における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値よりも小さい場合のみ、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差に応じた補正量制御を実施するので、当該画素の受光信号レベルが当該受光色における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値よりも大きい場合の演算処理を簡略化することができる。そして、このように画素の受光信号レベルが当該受光色における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値よりも大きい場合の演算処理を省略して、ローパスフィルタ値に補正値を乗算した値をそのまま信号レベルとして出力したとしても、その周囲を含めて全体の感度が高いため、これに基づいて生成された表示画像などにおいては再生装置の

再生能力の限界値で制限されることとなり、画質欠陥として認識されにくい効果がある。

【0090】この発明によれば、各画素の色情報として不足している色成分の信号レベルを生成する色成分生成方法において、上記画素の周囲の画素における上記不足色成分の信号レベルに基づいて当該画素のローパスフィルタ値を生成するローパスフィルタステップと、当該画素の既知の色成分における当該画素の信号レベルと、当該既知の色成分における周囲の画素の信号レベルのローパスフィルタ値との比に応じた増幅値を演算する増幅値演算ステップと、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きければ大きいほど上記増幅値による上記不足色成分のローパスフィルタ値の補正量が小さくなるように当該増幅値と当該ローパスフィルタ値とを乗算する乗算ステップと、当該乗算値を上記不足色成分の信号レベルとして出力する不足色成分出力ステップとを備えるので、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が小さい場合には、画像の局所的な領域では輝度信号の変化に比べて色信号の変化が少ない、言い換えれば局所領域では色相関性が高いという撮影画像の一般的な特徴に則った補正をおこなって、線形補間法を用いて補間した場合に比べて、画像のエッジを構成する信号レベル変化の急峻な領域においても色間の信号変化に偏りが生じないようにすることができる。従って、エッジを十分に再現することができ、高解像度かつ偽色の少ない高画質なものとすることができる効果がある。

【0091】これと同時に、上記既知の色成分の信号レベルと上記不足色成分の信号レベルとの信号レベル差が大きい場合には、つまりこれら色成分の値の差が大きくて高信号レベルの有彩色となる場合には、既知の色成分の信号レベルと不足色成分の信号レベルとの信号レベル差に応じた補正量制御を実施するので、参照する受光色における微妙な変化に比例的に反応する形で生成色の信号レベルが上記ローパスフィルタ値のレベルから大きく外れてしまうことはなく、当該画素において本来画像中にない黒ずみや白抜けが発生してしまうことを効果的に抑制することができる効果がある。

【0092】つまり、画像中の高信号レベルの領域では相似比による色補間の影響を低減し黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であると同時に、低信号レベルの領域では相似比による色補間結果を優先することで高解像度で偽色の少ない色補間を行うことができる効果がある。

【0093】この発明によれば、各画素の色情報として複数の色成分の信号レベルを出力する多色画像撮像装置において、上記画素と1対1に対応づけられた受光素子毎に上記複数の色成分のうちから選択された1つの色のフィルタが設けられ、上記画素数分の受光信号レベルを出力する撮像素子と、上記撮像素子から出力される各画素

の受光信号レベルの色を既知の色成分として、各画素の不足している色成分の信号レベルを生成する上記色成分生成装置と、上記各画素の色情報として、上記撮像素子から出力される受光信号レベルと、当該色成分生成装置から出力される残りの色成分の信号レベルとを出力する出力手段とを備えるので、画像中の高信号レベルの領域では相似比による色補間の影響を低減し黒ずみ等の画質劣化を抑制しつつ高解像度に色補間を行うことが可能であると同時に、低信号レベルの領域では相似比による色補間結果を優先することで高解像度で偽色の少ない色補間を行って、高解像度で偽色が発生しにくくしかも黒ずみが発生しない画像を得ることができる。従って、画像の種類によらず安定感のある多色画像を撮像することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 この発明の実施の形態1の係数選択回路において実行される補間強度係数生成処理を示すフローチャートである。

【図3】 この発明の実施の形態1における各種のパラメータの相関関係を示す説明図である。

【図4】 この発明の実施の形態1の補間強度係数の演算処理において参照される係数メモリの内容の一例を示した模式図である。

【図5】 この発明の実施の形態2の係数演算回路において実施される補間強度係数生成処理を示すフローチャートである。

【図6】 この発明の実施の形態3によるデジタルスチルカメラなどのフルカラー画像撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図7】 この発明の実施の形態3においてパターンマッチングに基づくローパスフィルタ値を出力する際に、パターンマッチング手段で使用される参照ウィンドウの一例を示す説明図である。

【図8】 この発明の実施の形態3における二値分布パターンの一例を示す説明図である。

【図9】 この実施の形態3における参照ウィンドウ内における赤色成分の4つの受光分布パターンおよび青色成分の4つの受光分布パターンを示す。

【図10】 この実施の形態3の係数選択回路の動作を示すフローチャートである。

【図11】 この発明の実施の形態4の係数選択回路の動作を示すフローチャートである。

【図12】 単板式2次元撮像素子において一般的に用いられているBayer（ペイヤー）型配列による原色フィルタの構成を示す説明図である。

【図13】 Bayer（ペイヤー）型配列による原色フィルタを用いた場合に得られる緑色成分の受光感度分

布の説明図である。

【図14】 Bayer (ペイヤー) 型配列による原色フィルタを用いた場合に得られる青色成分の受光感度分布の説明図である。

【図15】 Bayer (ペイヤー) 型配列による原色フィルタを用いた場合に得られる赤色成分の受光感度分布の説明図である。

【図16】 2次元撮像素子にR、G、B 3原色からなる色フィルタをBayer型配列で貼付したカラービデオカメラに、当該特開平5-56446号公報に記載した技術

【図17】 図16の2次元メモリ (赤用) 内の書き込み状態 (一部) を示す説明図である。

【図18】 図16の2次元メモリ (緑用) 内の書き込み状態 (一部) を示す説明図である。

【図19】 図16の2次元メモリ (青用) 内の書き込み状態 (一部) を示す説明図である。

【図20】 図16の2次元ローパスフィルタ (赤用) の出力例を示す説明図である。

【図21】 図16の2次元ローパスフィルタ (緑用) の出力例を示す説明図である。

【図22】 図16の2次元ローパスフィルタ (青用) の出力例を示す説明図である。

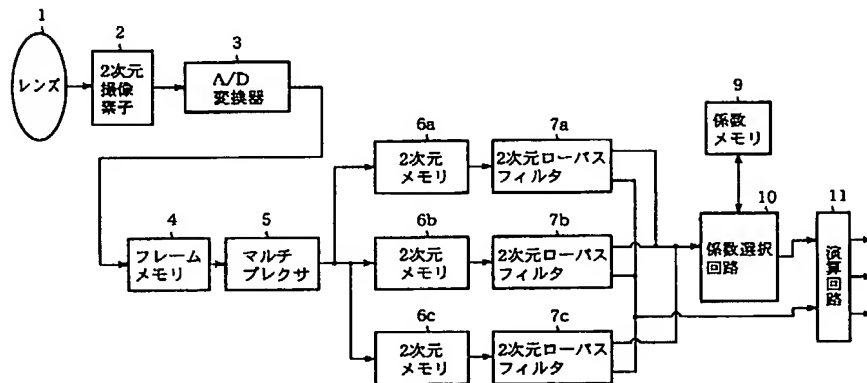
【図23】 この従来の2つの補間方法による生成感度信号の信号レベルを比較説明するための説明図である。

【図24】 特開平5-56446号公報の補間方法における画質劣化を説明するための説明図である。

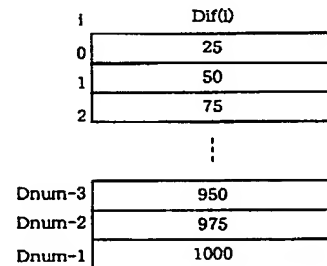
【符号の説明】

1 レンズ (撮像素子)、2 2次元撮像素子 (撮像素子)、3 A/D変換器 (撮像素子)、6a~6c 2次元メモリ、7a~7c 2次元ローパスフィルタ (ローパスフィルタ手段)、9 係数メモリ (乗算手段)、10、19 係数選択回路 (乗算手段)、11、20 演算回路 (増幅値演算手段、乗算手段、不足色生々出力手段、出力手段)、16 ラインバッファ (ローパスフィルタ手段)、17 パターンマッチング手段 (ローパスフィルタ手段)、18 パターンメモリ (ローパスフィルタ手段)。

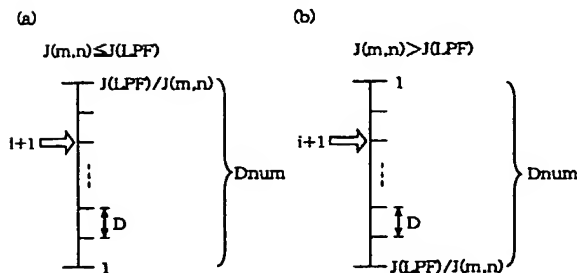
【図1】



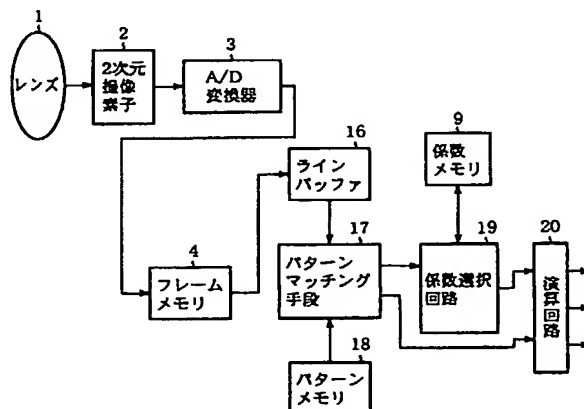
【図4】



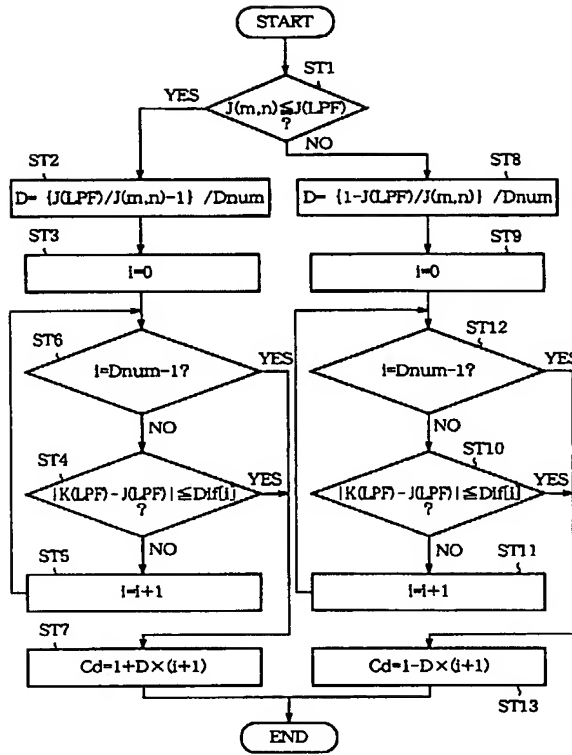
【図3】



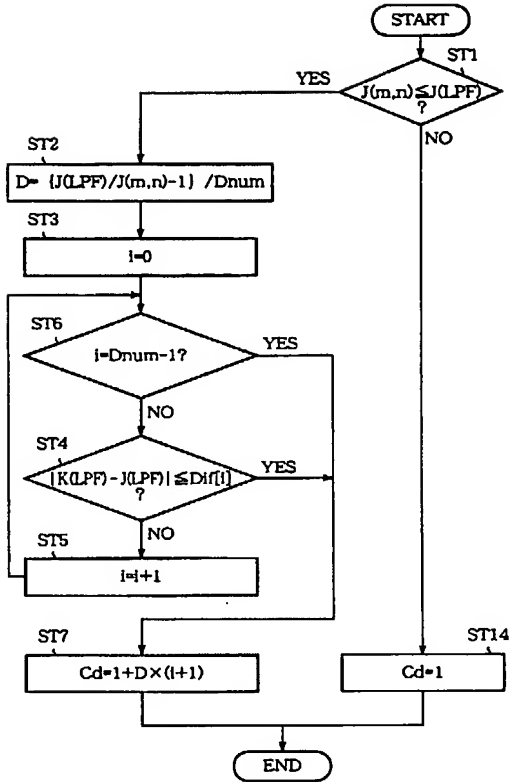
【図6】



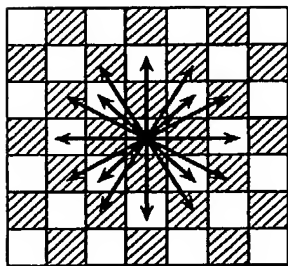
【図 2】



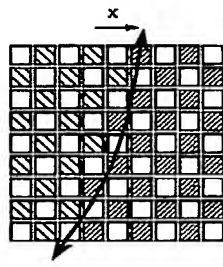
【図 5】



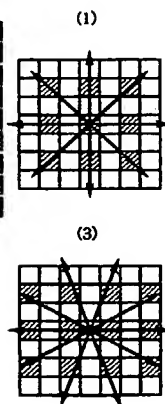
【図 7】



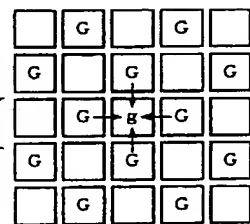
【図 8】



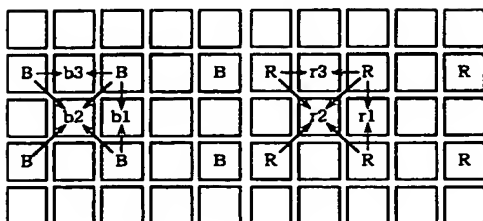
【図 9】



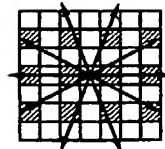
【図 13】



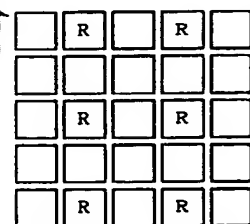
【図 14】



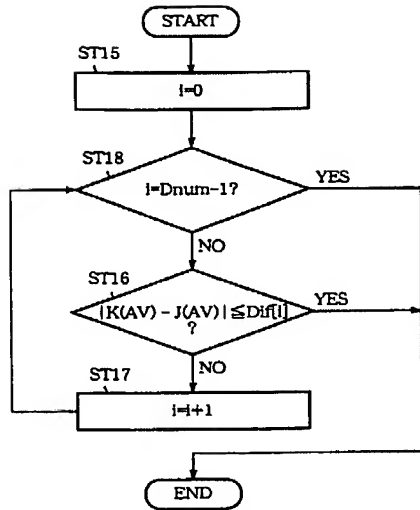
【図 15】



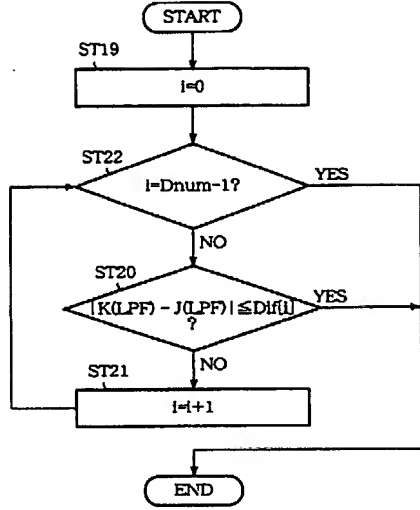
【図 17】



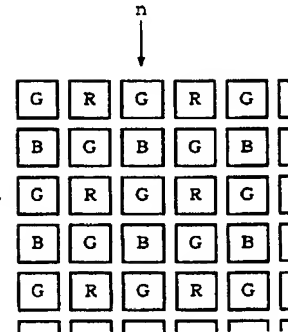
【図10】



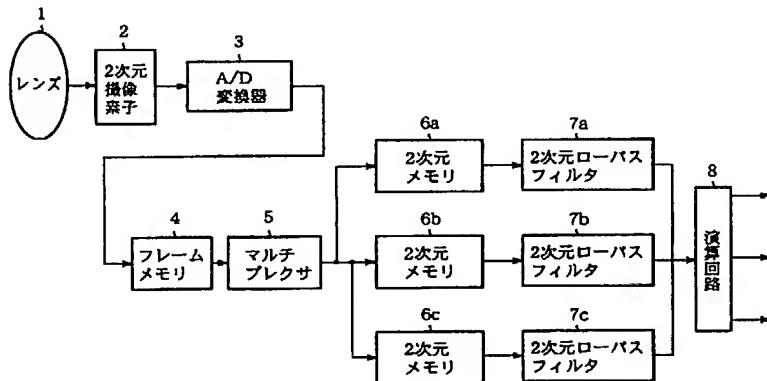
【図11】



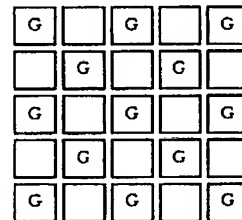
【図12】



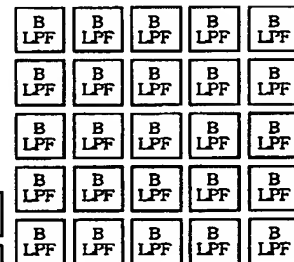
【図16】



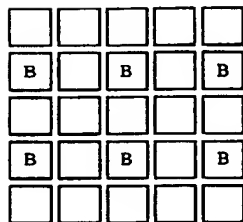
【図18】



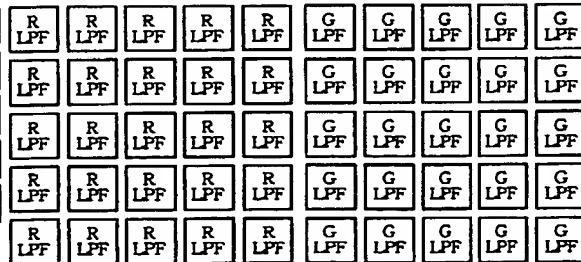
【図22】



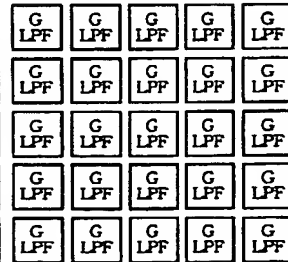
【図19】



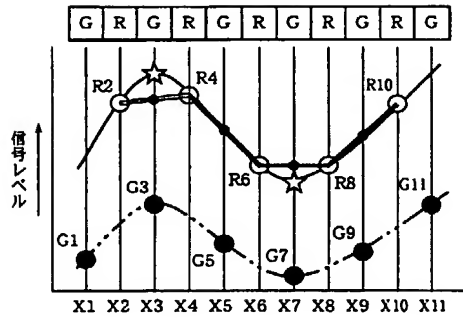
【図20】



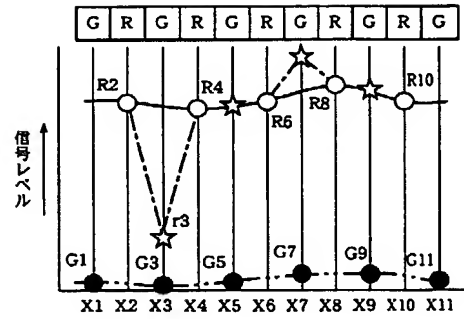
【図21】



【図 23】



【図 24】



フロントページの続き

(72) 発明者 杉浦 博明
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

(72) 発明者 久野 徹也
東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三
菱電機株式会社内

F ターム (参考) 5C065 BB30 CC01 DD02 EE05 EE06
GG03 GG05 GG18 GG30

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.